斑翅果蝇对四个樱桃品种的产卵选择性及其与樱桃生理指标的相关性

高欢欢[1,2], 王云鹏[3], 马 宁[3], 陈 浩[1], 翟一凡[1], 党海燕[4], 于 毅[1,*]

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所, 济南 250100; 2. 山东省葡萄研究院, 济南 250100; 3. 山东农业大学植物保护学院, 山东泰安 271000; 4. 山西出入境检验检疫局, 太原 030024)

摘要:【目的】明确斑翅果蝇 *Drosophila suzukii* 对樱桃 *Cerasus pseudocerasus* 的产卵选择性以及与樱桃生理指标的相关性。【方法】测定了斑翅果蝇对 4 个樱桃品种(黄蜜、红灯、先锋和萨米拖)的产卵选择性,以及各樱桃品种果实的硬度及蛋白质、氨基酸、糖原和果胶的含量,并对各项指标分别进行相关性分析。产卵选择性试验采用完整樱桃供试产卵和切块樱桃诱导产卵两种处理方式,并统计产卵量。【结果】斑翅果蝇对糖原含量较高而果胶含量较低的樱桃(黄蜜和红灯)切块选择性较强。对于带有果皮的完整樱桃,斑翅果蝇的产卵选择性与樱桃果实的硬度有关,在果实硬度小的樱桃品种(先锋和萨米拖)中产卵量较高。但是,斑翅果蝇对樱桃的产卵选择性与樱桃蛋白质和氨基酸含量没有显著相关性。【结论】斑翅果蝇对不同樱桃品种的产卵选择性有显著差异,与其营养物质含量和果实硬度显著相关。

关键词: 斑翅果蝇; 樱桃; 产卵选择性; 生理指标; 营养物质含量; 果实硬度

中图分类号: Q968 **文献标识码:** A **文章编号:** 0454-6296(2017)03-0328-07

Oviposition selection of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on four cherry varieties and its relationship to the physiological characteristics of cherry fruits

GAO Huan-Huan[1,2], WANG Yun-Peng[3], MA Ning[3], CHEN Hao[1], ZHAI Yi-Fan[1], DANG Hai-Yan[4], YU Yi[1,*] (1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 2. Shandong Academy of Grape, Jinan 250100, China; 3. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271000, China; 4. Shanxi Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Taiyuan 030024, China)

Abstract:【Aim】This study aims to understand the oviposition selection of *Drosophila suzukii* on cherries (*Cerasus pseudocerasus*) and the relationship of oviposition selection to physiological characteristics of cherry fruits.【Methods】The oviposition selection of *D. suzukii* on four cherry varieties (Huangmi, Hongdeng, Van and Summit) was tested by inducing oviposition of *D. suzukii* using intact cherry and sliced cherry, respectively. The physiological characteristics of cherry fruits, including the fruit rigidity and the contents of proteins, amino acids, glycogen and pectin, were tested. The correlation between the oviposition selection of *D. suzukii* and the physiological characteristics of cherry fruits were analyzed.【Results】The cherry varieties with higher glycogen content and lower pectin content (Huangmi and Hongdeng) were the most readily chosen hosts for oviposition of *D. suzukii*. The oviposition selection of *D. suzukii* on the intact cherry was related to fruit rigidity. The fecundity was higher in the varieties with lower fruit rigidity (Van and Summit). However, there was no significant correlation between the

基金项目: 山东省自然科学基金项目(ZR2014CQ014); 国家质量监督检验检疫总局科技计划项目(2016IK210)

作者简介: 高欢欢, 女, 1986 年 12 月生, 山东禹城人, 博士研究生, 研究方向为农业害虫综合防治, E-mail: gaohuanhuan368@126.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: robertyuyi@163.com

收稿日期 Received: 2016-11-30; 接受日期 Accepted: 2017-02-13

oviposition selection of *D. suzukii* and the contents of proteins and amino acids in cherry fruits. 【Conclusion】The selectivity of oviposition of *D. suzukii* on the four cherry varieties is significantly different, which is related to the nutrient contents and rigidity of cherry fruits.

Key words: *Drosophila suzukii*; cherry; oviposition selection; physiological characteristics; nutrient content; fruit rigidity

斑翅果蝇 *Drosophila suzukii* 隶属双翅目(Diptera)果蝇科(Drosophilidae)。该害虫具有锯齿状产卵器,可刺破刚刚成熟的新鲜寄主果皮产卵,幼虫孵化后在果肉中取食危害(Cini *et al*., 2012),严重时可造成 40% ~60% 的产量损失(Mitsui *et al*., 2006)。在国内,广西、贵州、河南、湖北、云南、浙江等省区均发生过严重的斑翅果蝇危害樱桃事件(于毅等, 2013; 任路明等, 2014),严重影响产业发展。

已有研究证明,影响植食性昆虫对寄主植物产卵选择的因素包括寄主植物种类、同种寄主的不同品种、寄主成熟度、寄主不同部位等等(Brévault and Quilici, 2009; Somta *et al*., 2010)。小菜蛾 *Plutella xylostella* 在白菜上的产卵量约为甘蓝上的 3 倍(江丽辉等, 2001)。西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 对不同寄主有不同的产卵偏好,对寄主不同部位的偏好也不同,在黄花美人蕉上产卵量最大,且在花上的产卵量显著高于叶上(曹宇等, 2015)。另外,西花蓟马在不同菜豆品种上的产卵量也不同(郅军锐等, 2010)。斑翅果蝇寄主广泛,包括樱桃、草莓、蓝莓、黑莓、葡萄等 60 多种植物(Bolda *et al*., 2010),但对不同寄主甚至同一寄主的不同品种的产卵选择性至今没有报道。另外,作为昆虫食物来源的寄主本身,其体内的营养物质和次生化合物,可直接或者间接影响昆虫的产卵选择性以及昆虫种群的生长动态(Papachristos and Papadopoulos, 2009)。梨小食心虫 *Grapholita molesta* 对寄主的选择性与寄主中的蛋白、游离氨基酸、可溶性糖和类黄酮等营养物质有关(冯娜, 2014; 宫庆涛等, 2014)。樱桃品种较多,高佳等(2011)对“早大果”、“红灯”在内的 15 种樱桃的性状、品质、内含物含量进行了检验,发现蛋白质、氨基酸、可溶性糖、果胶等多种物质差异较为明显,而且与樱桃的品质密切相关,这些差异是否会对果蝇的产卵产生影响也需要进一步的研究。

本研究选择山东地区种植面积较大的 4 个樱桃品种,探索樱桃果实硬度以及樱桃中蛋白质、氨基酸、糖原的果胶含量与斑翅果蝇产卵选择性及其产卵量的关系,可为该害虫的防治以及樱桃的安全生产提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　供试材料

供试樱桃采摘自烟台海阳市丁家夼村(36°52′26.06″N, 121°08′10.71″E),共 4 个品种,分别为黄蜜(Huangmi)、红灯(Hongdeng)、先锋(Van)和萨米拖(Summit),选择无损伤以及无果蝇产卵的樱桃供试。斑翅果蝇为山东省农业科学院植物保护研究所的实验室种群,从羽化后的同一批果蝇中选择个体大小一致的雌虫供试。

1.2　斑翅果蝇对不同品种樱桃的产卵选择性试验

1.2.1　非选择性产卵:4 种樱桃保留其完整性,将单个樱桃置于直径 5 cm、高 5 cm 的带盖塑料瓶中,侧面用针扎孔(孔径小于 0.5 mm,以免初孵幼虫逃逸)。每瓶内放入 10 头(雌雄比为 1∶1)羽化 5 d 后的斑翅果蝇并盖紧盖子,24 h 后取出成虫,将带有樱桃的塑料瓶盖紧并置于气候箱(RXZ-328A 型,宁波江南仪器厂)中,温度 25 ±0.5℃,相对湿度为 70% ±0.5%,光周期为 16L∶8D。待幼虫孵化完毕(约 5 d),记录幼虫数量;每个品种重复 3 次,并采用随机区组设计。此为完整果实的非选择性产卵试验。

将 4 种樱桃切成大小为 20 g 的小块,分别取一块置于上述小瓶中。其他操作与上述相同,此为切块诱导果实的非选择性产卵试验。

1.2.2　选择性产卵:4 种樱桃保留其完整性,单个置于上述小瓶中,盖子打开,置于自制网罩(长宽高均为 55 cm, 80 目)中,随机直线排列,间隔 10 cm,在网罩中放入雌雄比为 1∶1 的 40 头供试斑翅果蝇,24 h 后取出成虫,盖紧盖子后置于气候箱中,待幼虫孵化完毕(约 5 d),记录幼虫数量;每个品种重复 3 次,并采用随机区组设计。此为完整果实的选择性产卵试验。

将 4 种樱桃切成相同大小的小块,分别取 10 g 置于上述小瓶中。其他操作与上述相同。此为切块诱导的选择性产卵试验。

1.3　樱桃生理指标的测定

1.3.1　果实硬度测定:利用指针式果实硬度计

(GY-2,浙江托普云农科技股份有限公司)测定新鲜樱桃果实硬度大小,测定时同一个人操作,以压头插入果肉 10 mm 处读取刻度值,每个品种重复测定 3 粒果实。

1.3.2 蛋白质、氨基酸、糖原和果胶的含量的测定:称取新鲜樱桃 1.0 g 左右,放入已标记的离心管中,冰上研磨,根据试剂盒(蛋白质含量测定试剂盒:BCAP-1-W;氨基酸含量测定试剂盒:AA-1-W;糖原含量测定试剂盒:TY-1-Y;果胶含量测定试剂盒:WSP-1-Y;苏州科铭生物技术有限公司)说明书加入相应体积的提取液,经过离心、加入反应液、温浴等步骤后用酶标仪(EMax Plus,美国美谷分子)进行测定,波长分别为 595, 570, 620 和 530 nm,每个样品测定 3 次作为技术重复,取其平均值为每个生物学重复的值,根据试剂盒中的公式计算物质含量。每个品种 3 个生物学重复。

1.4 数据分析

斑翅果蝇对各品种樱桃的非选择性产卵量和选择性产卵量所占比例,以及樱桃果实硬度及蛋白质、氨基酸、糖原和果胶的含量均进行单向方差分析,采用 S-N-K 法检验区分平均值,显著水平为 0.05。各组数据间分别进行双因素 Pearson 相关性分析,显著水平为 0.05。数据分析所用的软件为 SPSS17.0。

2 结果

2.1 斑翅果蝇在 4 种樱桃上的产卵选择性

斑翅果蝇对黄蜜、红灯、先锋和萨米拖 4 个樱桃品种的非选择性实验结果如图 1 所示。斑翅果蝇对不同樱桃品种切块的非选择性产卵有显著的差异($F_{3,8}=11.28$, $P<0.01$),黄蜜和红灯樱桃中斑翅果蝇的产卵量明显高于先锋和萨米拖樱桃(图 1:A)。斑翅果蝇在不同品种的完整樱桃中产卵量差异显著($F_{3,8}=5.00$, $P=0.03$),但相比樱桃切块而言,单雌产卵量有所下降(图 1:B)。斑翅果蝇在红灯樱桃中的单雌产卵量最低,为 13.67 ± 2.60 粒,在萨米拖樱桃中的单雌产卵量最高,达到 31.00 ± 5.13 粒。斑翅果蝇对完整果实的非选择性产卵与对切块的非选择性产卵之间相关性不显著(Pearson 相关性 = (0.722, $P=0.278$)

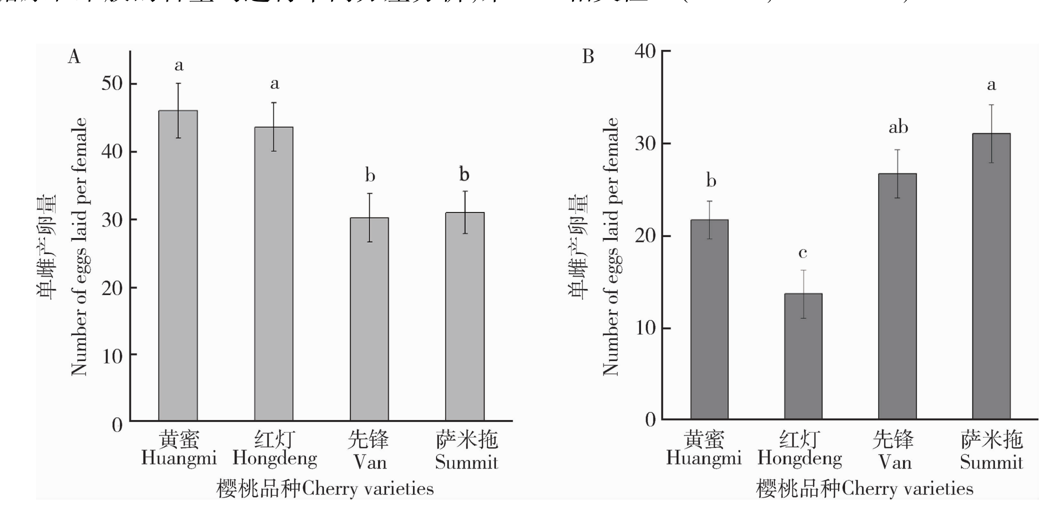


图 1 斑翅果蝇在 4 个樱桃品种上的非选择性产卵量

Fig. 1 Number of non-selected eggs laid per female of *Drosophila suzukii* on four cherry varieties

A:斑翅果蝇在樱桃切块上的产卵量 Number of eggs laid per female on the sliced cherry; B:斑翅果蝇在完整樱桃上的产卵量 Number of eggs laid per female on the intact cherry. 数据为平均值 ± 标准误;柱上不同字母代表各樱桃品种间差异显著(One-way ANOVA, S-N-K 法, $P<0.05$)。Data are mean ± *SE*. Different letters above bars indicate significant differences among four cherry varieties (One-way ANOVA, S-N-K test, $P<0.05$).

斑翅果蝇对 4 个品种樱桃的选择性实验结果如表 1 所示。不同樱桃品种的切块对斑翅果蝇产卵的影响有显著的差异($F_{3,8}=5.27$, $P=0.16$),黄蜜樱桃和红灯樱桃的切块诱导斑翅果蝇产卵的作用更强,先锋和萨米拖则相对较低(表 1)。完整樱桃对斑翅果蝇的产卵诱集作用则与切块对其的影响恰好相反,先锋樱桃和萨米拖樱桃中的产卵量明显较高($F_{3,8}=5.16$, $P<0.01$)。斑翅果蝇对完整果实的选择性产卵与对切块的选择性产卵之间显著负相关(Pearson 相关性 = −0.996, $P=0.004$)

表 1　斑翅果蝇对 4 个樱桃品种的产卵选择性

Table 1　Oviposition selection of *Drosophila suzukii* on four cherry varieties

樱桃品种 Cherry varieties	产卵量占比 Proportion of eggs laid (%)	
	樱桃切块 Sliced cherry	完整樱桃 Intact cherry
黄蜜 Huangmi	32.10 ± 4.27 b	12.43 ± 3.27 a
红灯 Hongdeng	30.39 ± 2.67 b	14.07 ± 2.68 a
先锋 Van	16.77 ± 4.94 a	39.77 ± 3.95 b
萨米拖 Summit	20.74 ± 1.58 ab	34.74 ± 4.18 b

同列数据(平均值 ± 标准误)后不同字母代表各樱桃品种间差异显著(One-way ANOVA, S-N-K 法, $P<0.05$)。Different letters following the data (mean ± *SE*) in a column indicate significant differences among different cherry varieties (One-way ANOVA, S-N-K test, $P<0.05$).

2.2　4 种樱桃的果实硬度

田间采集 4 种樱桃成熟且新鲜的果实,经过硬度计的测量,其硬度之间差异显著($F_{3,8}=28.03$, $P<0.01$)(图 2)。其中,红灯樱桃的果实硬度最大,为 1.83 ± 0.06 kg/cm^2;黄蜜樱桃和先锋樱桃次之;萨米拖樱桃的硬度最小,为 1.19 ± 0.05 kg/cm^2。斑翅果蝇对完整果实的非选择性产卵与果实的硬度显著负相关(Pearson 相关性 = 0.982, $P=0.018$)。

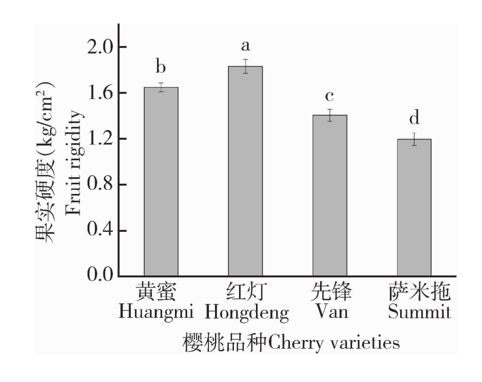


图 2　4 个樱桃品种的果实硬度

Fig. 2　The fruit rigidity of four cherry varieties

数据为平均值 ± 标准误;柱上不同字母代表各樱桃品种间差异显著(One-way ANOVA, S-N-K 法, $P<0.05$);图 3 和 4 同。Data are mean ± *SE*. Different letters above bars indicate significant differences among different cherry varieties (One-way ANOVA, S-N-K test, $P<0.05$). The same for Figs. 3 and 4.

2.3　4 种樱桃果实的蛋白质与氨基酸含量

4 个樱桃品种果实的蛋白质含量之间差异显著($F_{3,8}=44.91$; $P<0.01$)(图 3: A),黄蜜樱桃和红灯樱桃的蛋白质含量分别为 83.69 ± 1.74 和 89.65 ± 6.22 mg/g,显著高于先锋和萨米拖樱桃,后者含量最低(20.70 ± 3.46 mg/g)。红灯樱桃的氨基酸含量为 103.27 ± 4.76 mg/g(图 3: B),明显高于其他 3 种樱桃。不同樱桃品种的蛋白质含量与果实的硬度

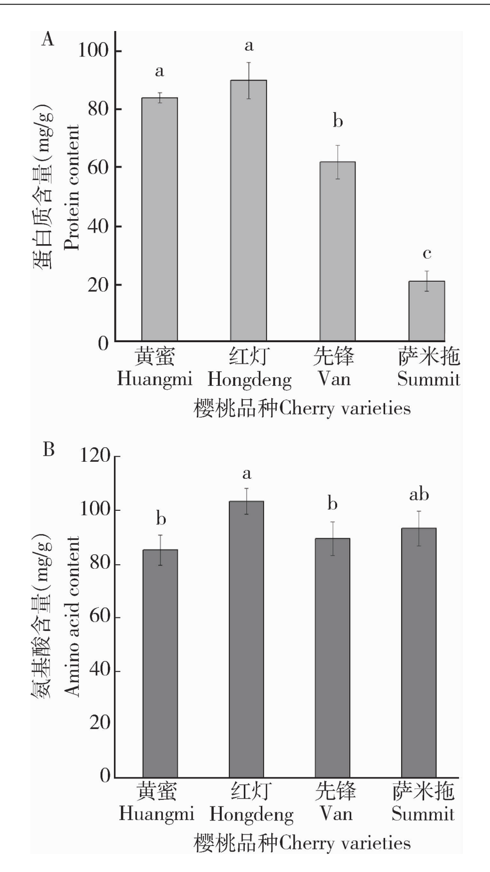


图 3　4 个樱桃品种果实的蛋白质(A)和氨基酸(B)含量

Fig. 3　The contents of proteins (A) and amino acids (B) in fruits of four cherry varieties

是显著正相关的(Person 相关性 = 0.953, $P=0.047$),但与其他指标均无显著的相关性。

2.4　4 种樱桃果实的糖原与果胶含量

经过测量,4 个樱桃品种果实的糖原和果胶含量之间均有显著的差异(糖原: $F_{3,8}=7.73$, $P=0.01$; 果胶: $F_{3,8}=23.59$, $P<0.01$),黄蜜樱桃的糖原含量明显高于另外 3 种樱桃,为 22.42 ± 1.87 mg/g,但果胶含量最低,只有 9.95 ± 0.93 mg/g。先锋樱桃的糖原含量最低(8.66 ± 1.87 mg/g),但果胶含量最高(14.97 ± 0.22 mg/g),糖原和果胶含量呈显著负相关关系(Pearson 相关性 = −0.948, $P=0.049$)。不同品种樱桃的糖原含量与斑翅果蝇对樱桃切块的非选择性产卵、选择性产卵均显著正相关(非选择性产卵 Pearson 相关性 = −0.904, $P=0.046$;选择性产卵 Pearson 相关性 = −0.949, $P=0.050$)。果胶含量则与糖原含量相反,与斑翅果蝇对完整果实的选择性产卵显著负相关(Person 相关性 = −0.968, $P=0.032$),与果蝇对樱桃切块的非选择性产卵、选择性产卵均显著负相关(非选择性产卵 Pearson 相关性 = −0.964, $P=0.036$;选择性产卵 Pearson 相关性 = −0.996, $P=0.004$)。

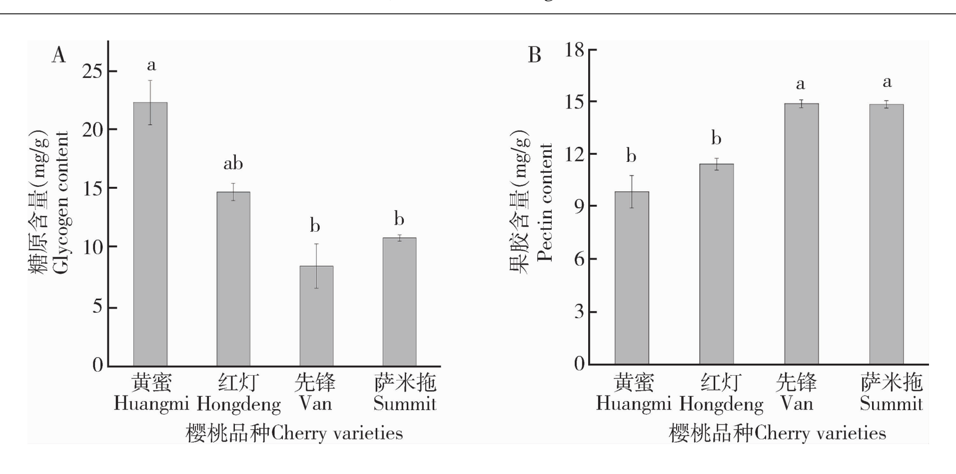


图4 4个品种樱桃果实的糖原(A)和果胶(B)含量

Fig. 4 The contents of glycogen (A) and pectin (B) in fruits of four cherry varieties

3 结论与讨论

昆虫产卵选择性的研究主要集中于不同寄主对昆虫产卵的影响(胡菡青等, 2007; 张娜等, 2009; 宫庆涛等, 2014)以及同一寄主的不同品种对昆虫产卵选择性的影响(Kinjo *et al*., 2013)。本研究探索了斑翅果蝇对黄蜜、红灯、先锋和萨米拖4个樱桃品种的产卵选择性,且提供了樱桃的不同处理方式,发现产卵量存在显著的差异。

斑翅果蝇能够在新鲜的樱桃上产卵并造成危害,其原因之一是,相比其他具有管状产卵器的果蝇而言,斑翅果蝇具有锯齿状的产卵器,可以刺破更为坚硬的果皮(Lin *et al*., 2014)。本研究中,斑翅果蝇在完整果实中的选择性产卵和非选择性产卵受果实硬度的影响均较为显著。通过相关性分析可知,果蝇对完整果实的非选择性产卵与果实的硬度显著负相关,硬度较大的黄蜜和红灯樱桃对果蝇产卵不利,斑翅果蝇的产卵量较低,而硬度偏小的先锋和萨米拖樱桃则更利于斑翅果蝇产卵。在12个蓝莓品种中,斑翅果蝇也会优先选择在果实硬度较小的品种上产卵(Kinjo *et al*., 2013)。这与本研究中的结果是一致的,由此可见,果皮的硬度可显著影响斑翅果蝇的产卵选择性。

另外,也有研究证明,寄主的果皮存在与否会对昆虫的产卵选择性造成不同的影响。瓜实蝇 *Bactrocera cucurbitae* 对番木瓜、南瓜、黄瓜等多种寄主的选择性会因为果皮的有无而有所不同,果皮存在时,番木瓜和南瓜上的产卵率较高,而去掉果皮后,黄瓜上的产卵率反而较高(彭帅, 2013)。本研究中选择樱桃切块进行选择性产卵试验,发现不同品种的樱桃切块可不同程度地诱导斑翅果蝇产卵,黄蜜和红灯诱导产卵效果最好,而切块诱导的非选择性产卵量在不同樱桃品种之间也存在明显差异,证明影响斑翅果蝇产卵选择可能还与寄主中的营养物质有关。斑翅果蝇的选择性产卵与樱桃中蛋白质和氨基酸的含量无显著的相关性,但与糖原含量呈显著正相关,与果胶含量呈显著负相关,表明糖原含量较高而果胶含量较低的樱桃品种更易吸引斑翅果蝇产卵。昆虫对寄主植物的选择不仅包括成虫对寄主的产卵选择,也包括后代对寄主的选择,表现在取食寄主过程中生长发育和种群适应性的不同(Costa *et al*., 2011)。梨小食心虫幼虫的生长发育与寄主中的蛋白、游离氨基酸和类黄酮等营养物质有密切的关系(冯娜, 2014)。植物糖原是植物体内存在的一种可溶性的葡聚糖,可溶性糖能够刺激害虫取食,是其重要的营养物质和能量的来源,还可以转化为脂肪和氨基酸等有益物质,茉莉酸可通过调控糖类的代谢改变害虫的寄主选择行为和寄主植物对害虫的抗性(Machado *et al*., 2015)。寄主植物蛋白质可促进害虫的生长发育,同时也会影响昆虫代谢和排泄作用。因此,寄主中的营养物质可通过影响昆虫后代的生长发育来影响成虫对寄主的选择。经过长期的进化,成虫会选择利于其后代生长发育的寄主进行产卵(王琛柱和钦俊德, 2007)。刘慧等(2014)证明,桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 和番石榴实蝇 *B. correcta* 优先选择产卵的寄主更适合于后代的生长发育。

黄蜜和红灯樱桃的糖原、蛋白质和氨基酸含量均高于先锋和萨米拖樱桃,也更易吸引斑翅果蝇产卵,但是否有利于其后代生长发育则需要进一步的研究。因此斑翅果蝇对不同樱桃品种的产卵选择性

与取食适应性的关系尚需要通过研究其后代的生长发育来进行验证,这将为选择和培育抗性樱桃品种和防治斑翅果蝇提供重要理论基础。

参考文献（References）

Bolda, MP, Goodhue RE, Zalom FG, 2010. Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. *Agr. Resour. Econ.*, 13(3): 5－8.

Brévault T, Quilici S, 2009. Oviposition preference in the oligophagous tomato fruit fly, *Neoceratitis cyanescens*. *Entomol. Exp. Appl.*, 133: 165－173.

Cao Y, Liu Y, Xiong ZL, Wang C, Li C, 2015. Oviposition preference of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* to different horticultural host plants. *J. Plant Prot.*, 42(5): 741－748. [曹宇, 刘燕, 熊正利, 王春, 李灿, 2015. 西花蓟马对不同花卉寄主的产卵选择性. 植物保护学报, 42(5): 741－748]

Cini A, Ioriatti C, Anfora G, 2012. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bull. Insectol.*, 65(1): 149－160.

Costa AM, Amorim FO, Anjos-Duarte CS, Joachim-Bravo IS, 2011. Influence of different tropical fruits on biological and behavioral aspects of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Rev. Bras. Entomol.*, 55(3): 355－360.

Feng N, 2014. The Effect of Host Fruit on the Infestation and Growth Development of *Grapholita molesta* (Busck) and the Primary Physic-chemical Mechanism. MSc Thesis, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei. [冯娜, 2014. 寄主果实对梨小食心虫为害、生长发育的影响及其理化机制初探. 河北保定: 河北农业大学硕士学位论文]

Gao J, Wang BG, Feng XY, Li WS, Zhang KC, Tang HR, 2011. Comprehensive assessment on fruit characters of *Prunus avium* and *Prunus cerasus*. *North. Hortic.*, (17): 17－21. [高佳, 王宝刚, 冯晓元, 李文生, 张开春, 汤浩茹, 2011. 甜樱桃和酸樱桃品种果实性状的综合评价. 北方园艺, (17): 17－21]

Gong QT, Li SH, Zhang KP, Wu HB, Liu W, Zhang XP, Sun RH, 2014. Ovipositional preference of *Grapholitha molesta*. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 25(9): 2665－2670. [宫庆涛, 李素红, 张坤鹏, 武海斌, 刘伟, 张学萍, 孙瑞红, 2014. 梨小食心虫的产卵选择性. 应用生态学报, 25(9): 2665－2670]

Hu HQ, Wei XX, Cai ZJ, Wu RJ, 2007. Research and application of host selection of oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis*. *Acta Agric. Jiangxi*, 19(2): 68－71. [胡菡青, 韦晓霞, 蔡子坚, 吴如健, 2007. 桔小实蝇寄主选择性的研究与应用. 江西农业学报, 19(2): 68－71]

Jiang LH, Wang D, Liu SS, 2001. Effects of host plant on the oviposition preference of *Plutella xylostella* (L.) and host-selection behavior of *Cotesia plutellae* (Kurdjmov). *J. Zhejiang Univ. (Agric. Life Sci.)*, 27(3): 273－276. [江丽辉, 王栋, 刘树生, 2001. 寄主植物对小菜蛾产卵选择性及菜蛾绒茧蜂寄主选择行为的影响. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 27(3): 273－276]

Kinjo H, Kunimi Y, Ban T, Nakai M, 2013. Oviposition efficacy of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on different cultivars of blueberry. *J. Econ. Entomol.*, 106(4): 1767－1771.

Lin QC, Zhai YF, Zhou CG, Li LL, Frank GZ, Yu Y, 2014. Comparative developmental times and laboratory life tables for *Drosophila suzukii* and *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Fla. Entomol.*, 97(4): 1434－1442.

Liu H, Hou BH, Zhang C, He RR, Liang F, Guo MF, Wu MT, Zhao JP, Ma J, 2014. Oviposition preference and offspring performance of the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* and guava fruit fly *B. correcta* (Diptera: Tephritidae) on six host fruits. *Acta Ecol. Sin.*, 34(9): 2274－2281. [刘慧, 侯柏华, 张灿, 何日荣, 梁帆, 郭明昉, 武目涛, 赵菊鹏, 马骏, 2014. 桔小实蝇和番石榴实蝇对6种寄主果实的产卵选择适应性. 生态学报, 34(9): 2274－2281]

Machado RAR, Arce CCM, Ferrieri AP, Baldwin IT, Erb M, 2015. Jasmonate-dependent depletion of soluble sugars compromises plant resistance to *Manduca sexta*. *New Phytol.*, 207: 91－105.

Mitsui H, Takahashi HK, Kimura MT, 2006. Spatial distributions and clutch sizes of *Drosophila* species ovipositing on cherry fruits of different stages. *Popul. Ecol.*, 48: 233－237.

Papachristos DP, Papadopoulos NT, 2009. Are citrus species favorable hosts for the Mediterranean fruit fly? A demographic perspective. *Entomol. Exp. Appl.*, 132: 1－12.

Peng S, Zheng LX, Wu JW, 2013. Host plant oviposition preference of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). *J. Environ. Entomol.*, 35(2): 273－276. [彭帅, 郑丽霞, 吴伟坚, 2013. 瓜实蝇对寄主植物的产卵选择性. 环境昆虫学报, 35(2): 273－276]

Ren LM, Wang L, Yu Y, Chu D, 2014. Comparison of the morphological characteristics of *Drosophila suzukii* and other fruit flies in fruit-producing areas in China. *J. Biosafety*, 23(3): 178－184. [任路明, 王磊, 于毅, 褚栋, 2014. 我国部分水果产区铃木氏果蝇与其他果蝇形态特征比较研究. 生物安全学报, 23(3): 178－184]

Somta C, Winotai A, Ooi PAC, 2010. Fruit flies reared from *Terminalia catappa* in Thailand. *J. Asia-Pac. Entomol.*, 13: 27－30.

Wang CZ, Qin JD, 2007. Insect-plant co-evolution: multitrophic interactions concerning *Helicoverpa* species. *Chin. Bull. Entomol.*, 44(3): 311－319. [王琛柱, 钦俊德, 2007. 昆虫与植物的协同进化: 寄主植物-铃夜蛾-寄生蜂相互作用. 昆虫知识, 44(3): 311－319]

Yu Y, Wang J, Tao YL, Guo D, Chu D, 2013. Detection and phylogenetic analysis of *Wolbachia* in different geographical populations of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Acta Entomol. Sin.*, 56(3): 323－328. [于毅, 王静, 陶云荔, 国栋, 褚栋, 2013. 铃木氏果蝇不同地理种群中 Wolbachia 的检测和系统发育分析. 昆虫学报, 56(3): 323－328]

Zhang N, Guo JY, Wan FH, Wu G, 2009. Oviposition and feeding preferences of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to different host plants. *Acta Entomol. Sin.*, 52(11):

1229 - 1235. [张娜, 郭建英, 万方浩, 吴刚, 2009. 甜菜夜蛾对不同寄主植物的产卵和取食选择. 昆虫学报, 52(11): 1229 - 1235]

Zhi JR, Li JZ, Gai HT, 2010. Life table for experimental population of *Frankliniella occidentalis* feeding on leguminous vegetables. *Chin. Bull. Entomol.*, 47(2): 313 - 317. [郅军锐, 李景柱, 盖海涛, 2010. 西花蓟马取食不同豆科蔬菜的实验种群生命表. 昆虫知识, 47(2): 313 - 317]

（责任编辑：赵利辉）